

# Environmentální požadavky pro využití znovuzískaných asfaltových směsí v silničním stavitelství

Jiří Huzlík, Vilma Jandová, Martina Bucková, Jitka Hegrová,  
CDV, WP5

*Průspěvek byl zpracován za podpory programu Centra kompetence  
Technologické agentury České republiky (TA ČR) v rámci projektu  
Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI),  
číslo projektu TE01020168*

# Environmentální požadavky pro využití znovuzískaných asfaltových směsí v silničním stavitelství

- Rekonstrukce a opravy silniční infrastruktury - zdroj asfaltových materiálů (R-materiál), které mohou být v tomto procesu dále využity.
- Ověření jejich mechanické vlastnosti a vlivu na ŽP v rámci následného životního cyklu.
- Současné zkoušky (SN EN 12457-4) - informace o kontaminaci prostředí látkami z R-materiálu v drceném stavu (v reálu tak působí nezápevné vrstvy vozovek).
- Stanovení testovacích postupů objektivních z hlediska využití R-materiálu ve zápevných vrstvách (vliv pojiva).



# Environmentální požadavky pro využití znovuzískaných asfaltových směsí v silničním stavitelství

- Cíl vytvořené metodiky
  - vytvoření vhodných analytických nástrojů na podporu efektivní recyklace a opětovného používání stavebních materiálů
  - vymezení podmínek pro používání zkoušek, které mnohem lépe reprezentují skutečný stav materiálu povodňové konstrukce zpevněných vrstev asfaltové vozovky (tzv. monolitických zkoušek)
  - sjednocení postupů při provádění vyluhovacích zkoušek
  - zrychlení a zjednodušení procesu posouzení monolitů z R-materiálů



# Environmentální požadavky pro využití znovuzískaných asfaltových směsí v silničním stavitelství

- Vyluhování pevného R-materiálu ( SN EN 12457-4)
  - výhody – rychlý test (24 hodin), vhodný pro nepevné vrstvy
  - nevýhody – proces vyluhování škodlivin (PAU) neodpovídá reálnému stavu, příslušné limity obsahu PAU ve výluhu jsou vytvořeny pro pevně specifikované typy odpadů k ukládání na skládkách (Vyhláška č. 294/2005 Sb.)
- Vyluhování monolitických těles ( SN EN 15 863)
  - výhody – proces vyluhování PAU je možné vztáhnout k reálným podmínkám, je možné využít limitů Nařízení vlády č. 401/2015, vhodné pro pevné vrstvy
  - nevýhody – dlouhá doba zkoušky (64 dní)



# Environmentální požadavky pro využití znovuzískaných asfaltových směsí v silničním stavitelství

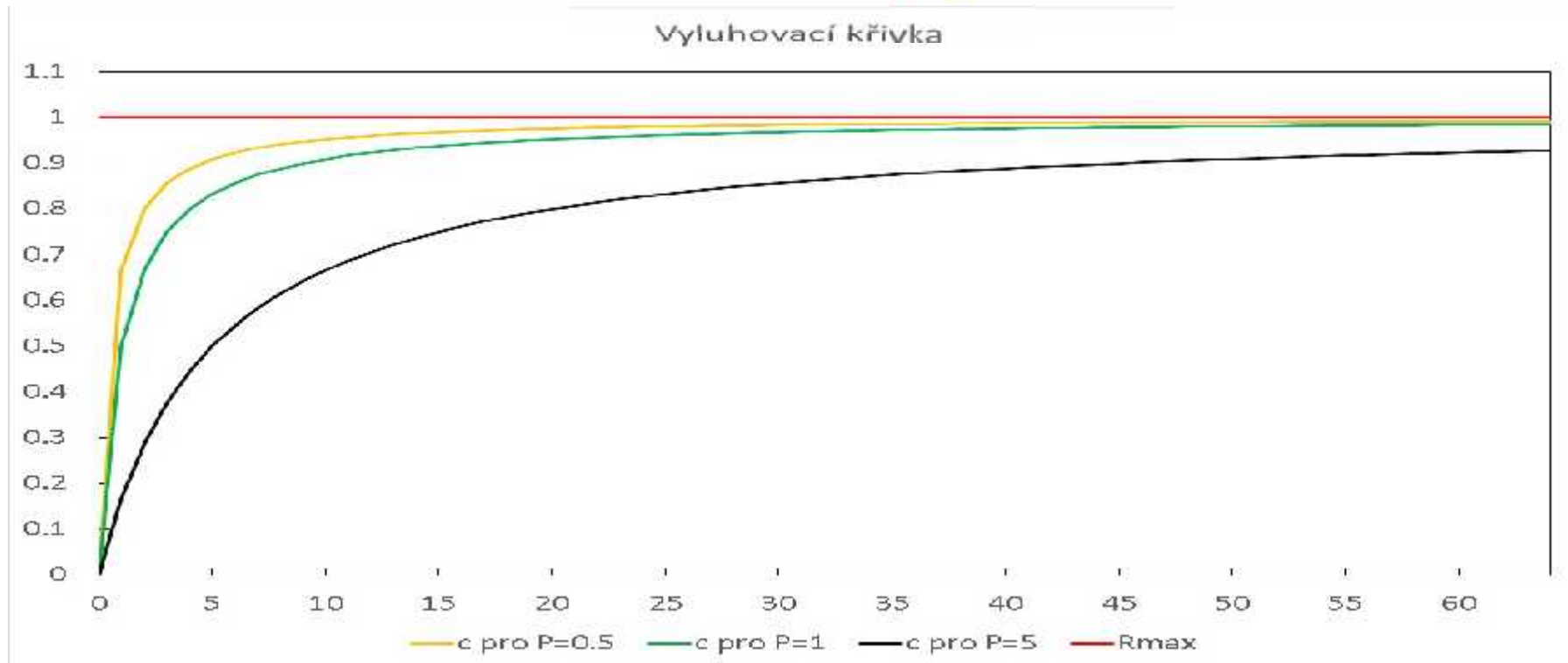
- Vyluhování předrcených materiálů - výsledky

Koncentrace ve výluhu [ $\mu\text{g.l}^{-1}$ ]	Naftalen	Anthracen	Fluoranthen	Benzo[b]fluoranthen	Benzo[k]fluoranthen	Benzo[a]pyren	Benzo(ghi)perylene
<b>R-drcený - bez nového pojiva</b>							
St edokluky	0.030	0.009	0.062	0.074	0.037	0.053	0.091
Blažek	0.047	0.050	0.279	0.146	0.070	0.096	0.202
Finsko	0.055	0.003	0.009	0.010	0.003	0.005	0.031
R7	0.045	0.003	0.037	0.050	0.004	0.012	0.086
St edokluky II.	0.040	0.005	0.036	0.038	0.008	0.017	0.047
Kladno I.	0.043	0.030	0.153	0.134	0.067	0.119	0.225
TOPOL	0.048	0.027	0.276	0.256	0.120	0.183	0.599
Termesivy	0.068	0.058	0.583	0.618	0.333	0.502	0.474
Kladno II.	0.062	0.027	0.192	0.169	0.082	0.138	0.298
<b>CR-drcený - s novým pojivem</b>							
St edokluky	0.045	0.014	0.067	0.051	0.017	0.040	0.157
Blažek	0.075	0.030	0.173	0.082	0.036	0.063	0.254
Finsko	-	-	-	-	-	-	-
R7	0.056	0.005	0.024	0.025	0.002	0.011	0.076
St edokluky II.	0.064	0.004	0.022	0.021	0.006	0.011	0.038
Kladno I.	0.055	0.025	0.111	0.084	0.046	0.065	0.165
TOPOL	0.044	0.006	0.040	0.061	0.021	0.045	0.140
Termesivy	0.196	0.213	1.297	1.299	0.723	1.164	1.493
Kladno II.	0.070	0.033	0.196	0.137	0.062	0.090	0.217
Limit NV 401/2015 Sb. povrchové toky	130	0.1	0.12	0.17	0.17	0.27	0.0082

# Environmentální požadavky pro využití znovuzískaných asfaltových směsí v silničním stavitelství

- Experimentální sledování vyluhovaných koncentrací PAU (křivka Michaelis-Menten)

$$R = R_{max} \times \frac{t}{P+t} \quad (1)$$



# Environmentální požadavky pro využití znovuzískaných asfaltových směsí v silničním stavitelství

- Linearizace vyluhovací rovnice (1)

$$Y = \frac{R_m}{R} - 1, \quad (2) \quad X = \frac{t_m}{t} - 1, \quad (3) \quad Y = Q \times X. \quad (4)$$

$t_m$  celková doba provedené vyluhovací zkoušky [den]  
 $R_m$  množství vyluhovaného PAU, které za celkovou dobu  $t_m$  provedené vyluhovací zkoušky projde jednotkovou plochou povrchu vzorku do vyluhovací kapaliny [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ]

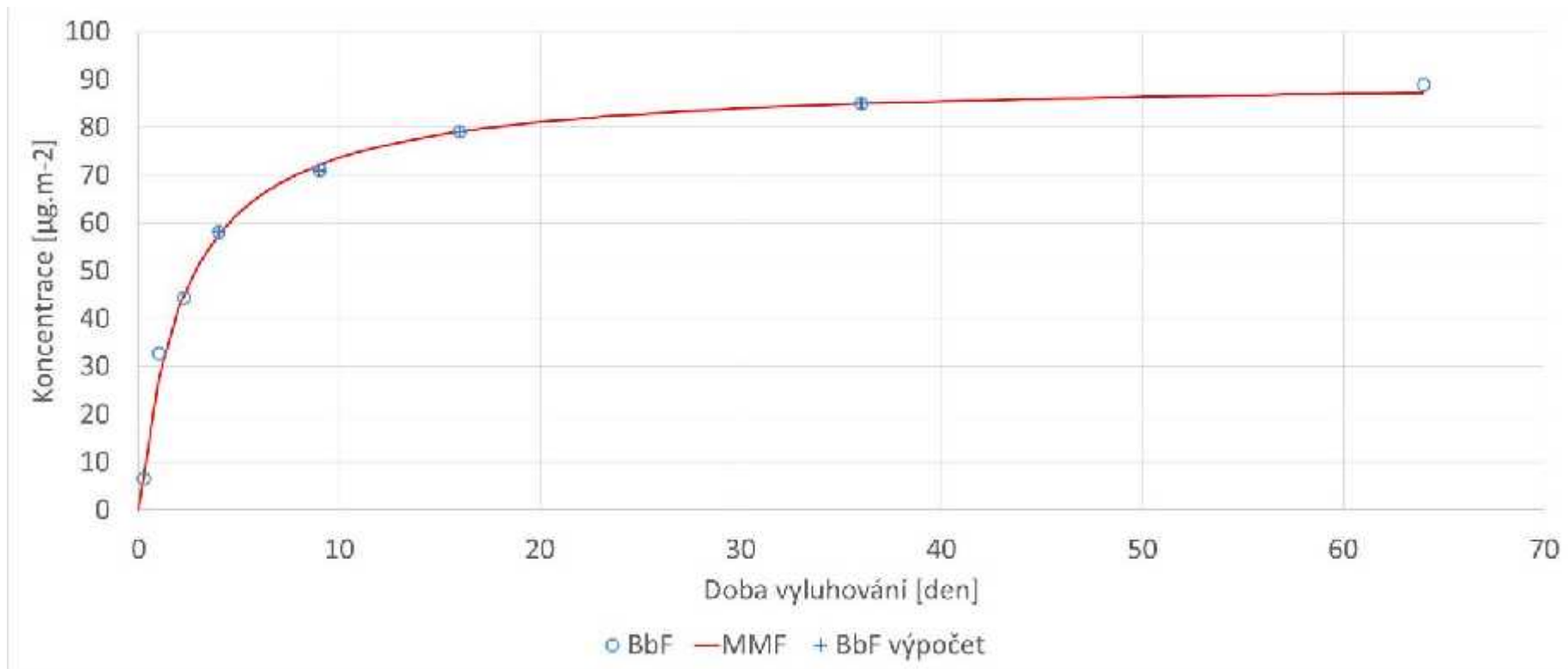
$$R_{max} = \frac{R_m}{1-Q}, \quad (5) \quad P = \frac{Q}{1-Q} \times t_m. \quad (6)$$



# Environmentální požadavky pro využití znovuzískaných asfaltových směsí v silničním stavitelství

- Vyluhovací křivka (1), výpočet parametrů z rovnic (2) až (6)

		PAU	Vzorek	Chyba [%]	2.0	0.1	0.0	-1.6	0.6
P	2.257	BbF	Z26017	R <sub>exp</sub> [μg.m <sup>-2</sup> ]	88.9745	85.0339	79.1261	71.0405	58.0715
R <sub>max</sub>	90.259			R <sub>pred</sub> [μg.m <sup>-2</sup> ]	87.1850	84.9348	79.1018	72.1635	57.7026
				Doba vyluhování [den]	64	36	16	9	4





# Environmentální požadavky pro využití znovuzískaných asfaltových směsí v silničním stavitelství

- Předpoklady pro hodnocení výsledků vyluhovacích zkoušek
  - PAU jsou obsaženy ve vodě odtékající z povrchu komunikace
  - největší koncentrace PAU ve vodě odtékající z povrchu komunikace je při prvním dešti po jeho položení
  - ke stanovení uvedené koncentrace se použije limitního vztahu pro rychlost vyluhování PAU z povrchu materiálu

$$S_{R0} = \frac{R_{max}}{P} \quad (7)$$

$S_{R0}$  – směrnice vyluhovací rovnice v bodě  $t=0$  [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{den}^{-1}$ ]



# Environmentální požadavky pro využití znovuzískaných asfaltových směsí v silničním stavitelství

- Stanovení koncentrací PAU z výsledků zkoušek

$$Q_S = \psi \times S_S \times q_S \quad (8)$$

- $Q_S$  odtok dešových vod z povrchu komunikace [l.den<sup>-1</sup>]  
 $\psi$  součinitel odtoku [ - ]  
 $S_S$  plocha komunikace [m<sup>2</sup>]  
 $q_S$  intenzita smerodatných srážek uvažované periodicity p [l.m<sup>-2</sup>.den<sup>-1</sup>]

$$c = \frac{S_{RO} \times S_S}{Q_S} = \frac{S_{RO}}{\psi \times q_S} \quad (9)$$

- $c$  koncentrace PAU ve vodách odtékajících z komunikace [μg.l<sup>-1</sup>]



# Environmentální požadavky pro využití znovuzískaných asfaltových směsí v silničním stavitelství

- Intenzita deště  $q_s$  [ $l \cdot m^{-2} \cdot den^{-1}$ ] a součinitel odtoku  $\alpha$

Doba trvání srážek $t$ [min]	5	10	15	15	15	15	30	60	60
Periodicita srážek $p$ [-]	1	1	5	1	0,5	0,2	1	1	0,5
Brno	1 901	1 408	536	1 115	1 391	1 754	657	380	639
eské Budějovice	1 728	1 244	484	976	1 244	1 642	596	346	622
Hradec Králové	2 160	1 339	475	976	1 236	1 572	570	320	536
Jihlava	1 901	1 356	467	1 045	1 365	1 814	622	363	648
Karlovy Vary	1 832	1 201	449	924	1 201	1 590	562	328	588
Olomouc	2 246	1 486	536	1 123	1 400	1 780	665	389	631
Ostrava	2 091	1 443	570	1 106	1 356	1 711	657	380	631
Plzeň	1 884	1 296	441	1 002	1 296	1 693	588	346	596
Praha	2 074	1 408	492	1 089	1 417	1 875	622	354	648
Zlín	2 100	1 503	596	1 192	1 469	1 840	708	415	674
Znojmo	2 246	1 555	492	1 175	1 512	1 979	708	406	708
Průměr	2 015	1 386	<b>503</b>	1 066	1 353	1 750	632	<b>366</b>	629
Sklon komunikace [%]				< 1	1 a 5		>5		
Součinitel odtoku $\alpha$				0,7	0,8		0,9		

# Environmentální požadavky pro využití znovuzískaných asfaltových směsí v silničním stavitelství

- Vypočtená koncentrace PAU ve srážkových vodách

Koncentrace PAU ve srážkových vodách [ $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ]	Naftalen	Anthracen	Fluoranthen	Benzo[b]fluoranthen	Benzo[k]fluoranthen	Benzo[a]pyren	Benzo(ghi)perylen
<b>CR-monolit - nejnepravidelnější případ</b>							
Středokluky	0.0417	0.0110	0.0222	0.0104	0.0047	0.0026	0.0057
Blažek	0.0531	0.0052	0.0110	0.0128	0.0051	0.0033	0.0064
Finsko	0.0923	0.1356	0.8507	0.1561	0.0770	0.0378	0.0416
R7	0.0209	0.0030	0.0067	0.0067	0.0017	0.0005	0.0026
Středokluky II.	0.0163	0.0041	0.0075	0.0068	0.0050	0.0008	0.0029
Kladno I.	0.0205	0.0037	0.0088	0.0665	0.0181	0.0023	0.0063
TOPOL	0.0319	0.0030	0.0023	0.0008	0.0005	0.0001	0.0004
Termesivý	0.0338	0.0021	0.0075	0.0008	0.0004	0.0002	0.0005
Kladno II.	0.0274	0.0029	0.0045	0.0005	0.0005	0.0015	0.0003
Finsko II	0.1057	0.5419	0.8404	0.0817	0.0404	0.0410	0.0255
<b>CR-monolit - nejpravděpodobnější případ</b>							
Středokluky	0.0266	0.0070	0.0141	0.0066	0.0030	0.0016	0.0036
Blažek	0.0338	0.0033	0.0070	0.0082	0.0032	0.0021	0.0040
Finsko	0.0587	0.0863	0.5413	0.0993	0.0490	0.0240	0.0265
R7	0.0133	0.0019	0.0042	0.0043	0.0011	0.0003	0.0017
Středokluky II.	0.0104	0.0026	0.0048	0.0043	0.0032	0.0005	0.0018
Kladno I.	0.0130	0.0023	0.0056	0.0423	0.0115	0.0015	0.0040
TOPOL	0.0203	0.0019	0.0015	0.0005	0.0003	0.0001	0.0002
Termesivý	0.0215	0.0013	0.0047	0.0005	0.0002	0.0001	0.0003
Kladno II.	0.0174	0.0018	0.0029	0.0003	0.0003	0.0009	0.0002
Finsko II	0.0672	0.3448	0.5347	0.0520	0.0257	0.0261	0.0162
<b>Limit NV 401/2015 Sb. povrchové toky</b>	<b>130</b>	<b>0.1</b>	<b>0.12</b>	<b>0.17</b>	<b>0.17</b>	<b>0.27</b>	<b>0.0082</b>

# Environmentální požadavky pro využití znovuzískaných asfaltových směsí v silničním stavitelství

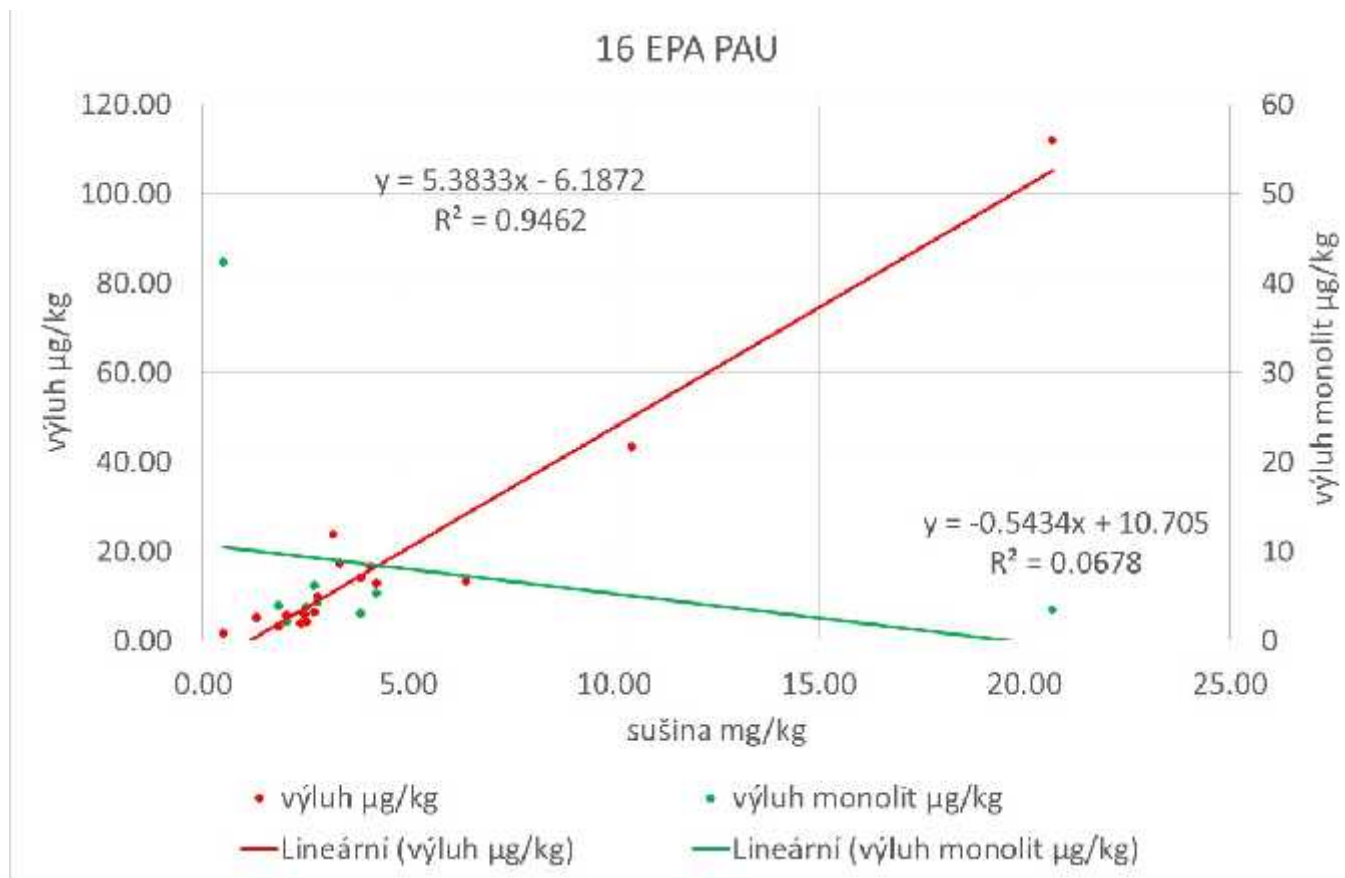
- Závěr
  - byl stanoven časový průběh vyluhování jednotlivých PAU, jejichž koncentrace jsou limitovány v Nařízení vlády č. 401/2015, z monolitických vzorků znovuzískaných asfaltových směsí
  - byl vyvinut postup odhadu koncentrací PAU ve vodách odtékajících z komunikací s asfaltovým povrchem
  - byla zkrácena doba vyluhování používaná v SN EN 15863 pro dynamickou vyluhovací zkoušku monolitických odpadů z 64 dní na 32 dní





# Environmentální požadavky pro využití znovuzískaných asfaltových směsí v silničním stavitelství

- Porovnání koncentrací výluhů a celkového obsahu PAU





**Děkuji vám za pozornost!**

Kontaktní informace:

**RNDr. Jiří Huzlík**  
**[jiri.huzlik@cdv.cz](mailto:jiri.huzlik@cdv.cz)**  
**+420 724 053 382**



**Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.**  
Líšeňská 33a, 636 00 Brno

telefon: **+420 549 649 374**  
email: **[cdv@cdv.cz](mailto:cdv@cdv.cz)**

**[www.cdv.cz](http://www.cdv.cz)**

**[www.cesti.cz](http://www.cesti.cz)**

